

ALIGNER

Publication number: JP2002203767

Publication date: 2002-07-19

Inventor: OTANI EIZO; YANAI TAICHI

Applicant: NIPPON KOGAKU KK

Classification:

- international: **G03F7/20; G03F7/20; (IPC1-7): H01L21/027; G03B9/02; G03B9/04; G03B9/06; G03F7/20; G03F7/22**

- european: G03F7/20T14

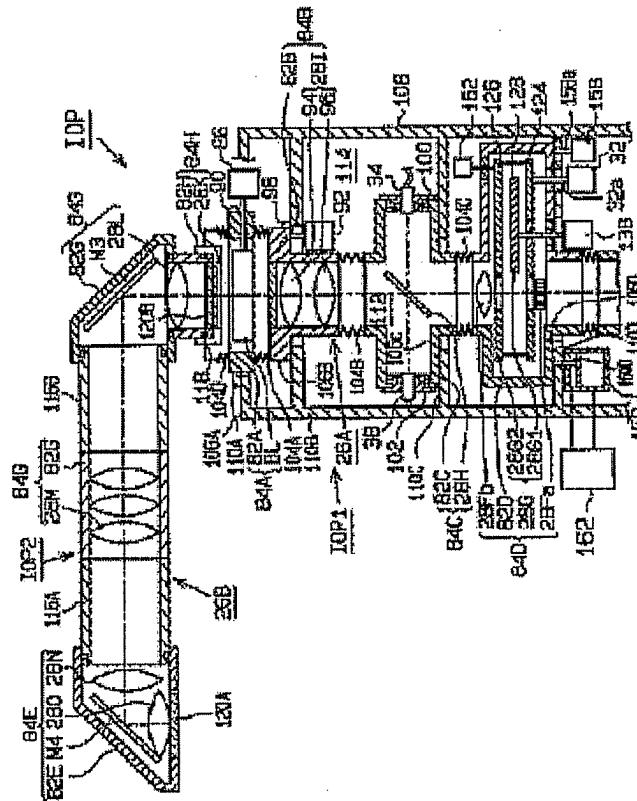
Application number: JP20000399555 20001227

Priority number(s): JP20000399555 20001227

Report a data error here

Abstract of JP2002203767

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an aligner wherein structure is simple and a plurality of stop mechanisms can be easily used properly if necessary. **SOLUTION:** An illumination optical system IOP is provided with the plural stop mechanisms 28G1, 28G2 for changing an illumination shape of an energy beam which illuminates a reticle R, and a switching mechanism 32 which moves the respective stop mechanisms 28G1, 28G2 to an optical axis direction of the energy beam and performs switching arrangement of the mechanisms on a pupil surface of the illumination optical system IOP. As the plural stop mechanisms, the iris stop mechanism 28G2 which changes at least the aperture diameter in an optical path of the energy beam almost continuously, and the aperture stop mechanism 28G1 which arranges an aperture stop plate 128 having a prescribed aperture shape in the optical path so as to enable reciprocating movement, are arranged at a prescribed interval in the optical axis direction.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

【特許請求の範囲】

【請求項1】 エネルギビーム源から出射されたエネルギービームにより所定のパターンが形成されたマスクを照明する照明光学系を備えた露光装置において、

前記照明光学系は、前記マスクを照明する前記エネルギービームの照明形状を変更する複数の絞り機構と、前記複数の絞り機構を前記エネルギービームの光軸方向に移動し、前記マスクのパターンに関するフーリエ変換面もしくはその近傍に切換配置する切換機構とを備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項2】 前記複数の絞り機構は、少なくとも前記エネルギービームの光路における開口径をほぼ連続的に変更する虹彩絞りを有する虹彩絞り機構と、前記光路内に對して所定の開口形状を有する開口絞り板を出退可能に配置する開口絞り機構とを含み、前記虹彩絞りと前記開口絞り板とを前記光軸方向に所定の間隔を置いて配置したことを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

【請求項3】 前記虹彩絞りを保持する虹彩絞り基台と、前記開口絞り板を保持する開口絞り基台と、前記虹彩絞り基台と前記開口絞り基台の少なくとも一方を前記エネルギービームの光軸方向に移動させる基台駆動機構とを有することを特徴とする請求項2に記載の露光装置。

【請求項4】 前記開口絞り板は、前記虹彩絞りが前記マスクのパターンに関するフーリエ変換面もしくはその近傍に配置されたときに前記エネルギービームの光路に配置されるとともにその光路より大きな開口部を有する平板からなることを特徴とする請求項2または請求項3に記載の露光装置。

【請求項5】 前記開口絞り板は、異なる開口径からなる複数の絞りと、切欠部とが円周方向に配列される円板で形成されることを特徴とする請求項4に記載の露光装置。

【請求項6】 前記複数の絞り機構を収容し、前記エネルギービームの通過する光路を含む光路領域を、その外側領域とは氣密に区画する筐体と、前記筐体の外側に配置され、前記筐体の前記複数の絞り機構を駆動する絞り駆動機構と、その駆動機構の駆動力を前記筐体を介して各絞り機構に伝達する伝達部とを有することを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

【請求項7】 前記筐体には、前記マスク上における前記エネルギービームの照度分布を均一化する照度均一化機構の一部を装着し、前記筐体自体を前記エネルギービームの光軸方向に沿って移動させる筐体駆動機構を備えたことを特徴とする請求項6に記載の露光装置。

【請求項8】 前記筐体には、その筐体全体をその重量に抗して前記エネルギービームの光軸方向に沿って付勢する付勢機構を備えたことを特徴とする請求項7に記載の露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば半導体素子、液晶表示素子等を製造するリソグラフィ工程で用いられる露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体素子等を製造するリソグラフィ工程では、パターンが形成されたマスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）上の矩形又は円弧状の照明領域を照明光にて照明し、レチクルとウエハ等の基板とを1次元方向に同期移動して前記パターンを基板上に逐次転写する、いわゆるスリットスキャン方式、ステップ・アンド・スキャン方式等の走査型露光装置が使用されている。

【0003】この種の露光装置では、光源からの照明光によりレチクルを照明する照明光学系内に、照明光の照明形状を変更する絞り機構がレチクルの面に位置するよう設けられている。この絞り機構としては、複数のシャッタ状に配置された羽根の作動により、照明光の光路における開口径をほぼ連続的に変更するようにした虹彩絞り機構や、光路内に所定の開口形状を有する開口絞り板を進退可能に配置するようにした開口絞り機構が知られている。

【0004】前記虹彩絞り機構では、照明光の光路における開口径を所定の範囲内ではほぼ連続的に変更することができるが、変更できる開口径が制限されてしまう。これに対して、開口絞り機構では、開口絞り板に所定形状の開口を形成し、任意の形状の開口を光路上に配置することによって、照明光を輪帶照明、極小照明、四極照明等に変形させることができるが、開口径をほぼ連続的に変更することはできない。

【0005】このため、例えば1枚の回転円板に開口径の異なる複数の開口を形成し、その内の1つに、複数の羽根をシャッタ状に配設し、他の開口の形状を輪帶照明、極小照明、四極照明用に形成することも考えられる。このように構成すれば、回転円板を回転させていずれか1つの開口を照明光の光路中に配置させることにより、前記開口径のほぼ連続的な変更及び照明光の種々の変形を行うことができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところが、前記のように回転円板の1つの開口に複数の羽根をシャッタ状に配設した場合には、それらの羽根を開閉させるためのモータ等よりなる駆動機構、及びその駆動機構の駆動力を各羽根に伝達するための伝達機構等を、回転円板上に装着する必要がある。このため、回転円板上に装着される絞り機構の構造が複雑かつ大重量になって、回転円板を精度良く回転させることができなくなる。

【0007】本発明は、このような従来の技術に存在する問題点に着目してなされたものである。その目的としては、構造が簡単であるとともに、必要に応じて複数の絞り機構を容易に使い分けすることができる露光装置を

提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、本願請求項1に記載の発明は、エネルギービーム源から出射されたエネルギービームにより所定のパターンが形成されたマスクを照明する照明光学系を備えた露光装置において、前記照明光学系は、前記マスクを照明する前記エネルギービームの照明形状を変更する複数の絞り機構と、前記複数の絞り機構を前記エネルギービームの光軸方向に移動し、前記マスクのパターンに関するフーリエ変換面もしくはその近傍に切換配置する切換機構とを備えたことを特徴とするものである。

【0009】この本願請求項1に記載の発明では、必要に応じて複数の絞り機構を、切換機構によりエネルギービームの光軸方向に沿ってマスク上のパターンに関するフーリエ変換面もしくはその近傍に選択的に切換配置して、容易に使い分けすることができる。また、複数の絞り機構が1つの回転円板上等に装設されることなく、互いに独立構成された状態でエネルギービームの光軸方向に沿って切換移動されるようになっている。このため、絞り機構の構成が簡単であるとともに、各絞り機構を前記フーリエ変換面もしくはその近傍に容易かつより正確に切換配置することができる。

【0010】また、本願請求項2に記載の発明は、前記請求項1に記載の発明において、前記複数の絞り機構は、少なくとも前記エネルギービームの光路における開口径をほぼ連続的に変更する虹彩絞りを有する虹彩絞り機構と、前記光路内に対して所定の開口形状を有する開口絞り板を出退可能に配置する開口絞り機構とを含み、前記虹彩絞りと前記開口絞り板とを前記光軸方向に所定の間隔において配置したことを特徴とするものである。

【0011】また、本願請求項3に記載の発明は、前記請求項2に記載の発明において、前記虹彩絞りを保持する虹彩絞り基台と、前記開口絞り板を保持する開口絞り基台と、前記虹彩絞り基台と前記開口絞り基台の少なくとも一方を前記エネルギービームの光軸方向に移動させる基台駆動機構とを有することを特徴とするものである。

【0012】これらの本願請求項2または請求項3に記載の発明では、虹彩絞りと開口絞り板とを、マスク上のパターンに関するフーリエ変換面もしくはその近傍に対して選択的に切換配置して容易に使い分けすることができる。

【0013】また、本願請求項4に記載の発明は、前記請求項2または請求項3に記載の発明において、前記開口絞り板は、前記虹彩絞りが前記マスクのパターンに関するフーリエ変換面もしくはその近傍に配置されたときに前記エネルギービームの光路に配置されるとともにその光路より大きな開口部を有する平板からなることを特徴とするものである。

【0014】この本願請求項4に記載の発明では、開口

絞り板を、光路より大きな開口部を有する平板で形成したので、虹彩絞りが光路中に配置されたときであっても、開口絞り板がエネルギービームの進路を遮ることがない。

【0015】また、本願請求項5に記載の発明は、前記請求項4に記載の発明において、前記開口絞り板は、異なる開口径からなる複数の絞りと、切欠部とが円周方向に配列される円板で形成されることを特徴とするものである。

【0016】この本願請求項5に記載の発明では、開口絞り板を円板状で形成し、その円板の円周方向に異なる開口径からなる複数の絞りと、切欠部とを配置したので、開口絞り板の光路に対する進退が容易に行える。しかも、虹彩絞りが光路中に配置されたときは、切欠部を光路に対して配置できるので、開口絞り板がエネルギービームの進路を遮ることがない。

【0017】また、本願請求項6に記載の発明は、前記請求項1に記載の発明において、前記複数の絞り機構を収容し、前記エネルギービームの通過する光路を含む光路領域を、その外側領域とは気密に区画する筐体と、前記筐体の外側に配置され、前記筐体の前記複数の絞り機構を駆動する絞り駆動機構と、その駆動機構の駆動力を前記筐体を介して各絞り機構に伝達する伝達部とを有することを特徴とするものである。

【0018】この本願請求項6に記載の発明では、絞り駆動機構や駆動力の伝達部で発生する油等の不純物質が、光路内に進入するのを抑制することができて、光路内のクリーン度を向上させることができる。

【0019】また、本願請求項7に記載の発明は、前記請求項6に記載の発明において、前記筐体には、前記マスク上における前記エネルギービームの照度分布を均一化する照度均一化機構の一部を装着し、前記筐体自身を前記エネルギービームの光軸方向に沿って移動させる筐体駆動機構を備えたことを特徴とするものである。

【0020】この本願請求項7に記載の発明では、照度均一化機構の一部を装着した筐体を、エネルギービームの光軸方向に沿って移動調整することにより、エネルギービームの照度分布を容易に均一化させることができる。

【0021】また、本願請求項8に記載の発明は、前記請求項7に記載の発明において、前記筐体には、その筐体全体をその重量に抗して前記エネルギービームの光軸方向に沿って付勢する付勢機構を備えたことを特徴とするものである。

【0022】この本願請求項8に記載の発明では、筐体が付勢機構によりエネルギービームの光軸方向に沿って対重力方向に付勢された状態で、その筐体を筐体駆動機構により偏りが生じることなく、光軸方向に沿って容易かつ安定に移動させることができる。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態を図面

に基づいて説明する。図1には、本発明に係る照明光学装置を照明光学系として具備する一実施形態に係る露光装置10の全体構成が概略的に示されている。

【0024】この露光装置10は、マスクとしてのレチクルRと基板としてのウエハWとを一次元方向（ここでは、図1における紙面内左右方向であるY軸方向とする）に同期移動しつつ、レチクルRに形成された回路パターンを投影光学系PLを介してウエハW上の各ショット領域に転写する、ステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置、すなわちいわゆるスキャニング・ステッパーである。

【0025】露光装置10は、光源12、この光源12からの照明光によりレチクルRを照明する照明光学装置としての照明光学系IOP、レチクルRを保持するマスクステージとしてのレチクルステージRST、レチクルRから射出される照明光（パルス紫外光）をウエハW上に投射する投影光学系PL、ウエハWを保持する基板ステージとしてのウエハステージWSTを備えている。さらに、露光装置10は、前記照明光学系IOPの一部、レチクルステージRST、投影光学系PL、及びウエハステージWST等を保持する本体コラム14、本体コラム14の振動を抑制あるいは除去する防振ユニット、及びこれらの制御系等を備えている。

【0026】前記光源12としては、ここでは波長192~194nmの間で酸素の吸収帯を避けるように狭帯化されたパルス紫外光を出力するArFエキシマレーザ光源が用いられており、この光源12の本体は、半導体製造工場のクリーンルーム内の床面FD上に設置されている。光源12には、図示しない光源制御装置が併設されており、射出されるパルス紫外光の発振中心波長及びスペクトル半值幅の制御、パルス発振のトリガ制御、レーザチャンバ内のガスの制御等を行うようになっている。

【0027】なお、光源12として、波長248nmのパルス紫外光を出力するKrFエキシマレーザ光源あるいは波長157nmのパルス紫外光を出力するF2レーザ光源等用いても良い。また、光源12をクリーンルームよりクリーン度が低い別の部屋（サービスルーム）、あるいはクリーンルームの床下に設けられるユーティリティスペースに設置しても構わない。

【0028】光源12は、図1では作図の都合上その図示が省略されているが、実際には遮光性のベローズ及びパイプを介してビームマッチングユニットBMUの一端（入射端）に接続されている。このビームマッチングユニットBMUの他端（出射端）は、内部にリレー光学系を内蔵したパイプ16を介して照明光学系IOPの後述する第1部分照明光学系IOP1に接続されている。

【0029】前記照明光学系IOPは、図2に示すように、可動部分光学系としての第1部分照明光学系IOP1と、静止部分光学系としての第2部分照明光学系IOP2との2部分から構成されている。第1部分照明光学系IOP1は、後述するように、床面FDに水平に載置された装置の基準となるフレームキャスターと呼ばれるベースプレートBP上に設置される。また、第2部分照明光学系IOP2は、図1に示すように、本体コラム14を構成する第2の支持コラム52によって下方から支持されている。

【0030】ここで、図2を参照しつつ、照明光学系IOPの各構成部分について説明する。前記第1部分照明光学系IOP1には、パルス紫外光のパルス毎の平均エネルギーを調整するために、減光率が異なる複数のNDフィルタを回転可能な円板に配置した可変減光器（不図示）が設けられている。この可変減光器によって所定のピーク強度に調整されたパルス紫外光は、ビーム整形光学系（不図示）に導かれ、その断面形状を第1フライアイレンズ系（不図示）の入射端の全体形状と相似になるように整形される。次いで、オプティカルインテグレータとしての第1フライアイレンズ系及び第2フライアイレンズ系28Faが設けられ、各フライアイレンズ系の射出端には面光源（多数の点光源）が形成される。また、両フライアイレンズ間には、被照射面に生じる干渉縞や微弱なスペックルを平滑化する振動ミラーが設けられている。さらに、第2フライアイレンズ系28Fa以後には、絞り機構28G、補助フィールドレンズ系28Fb、ビームスプリッタ28H、第1リレーレンズ系28I、及びレチクルブラインド機構を構成する可動視野絞りとしての可動レチクルブラインド28J等を備えている。

【0031】また、前記第2部分照明光学系IOP2は、第2照明系ハウジングとしての第2照明系ハウジング26Bと、その第2照明系ハウジング26B内に所定の位置関係で収納された固定レチクルブラインド28K、レンズ28L、ミラーM3、第2リレーレンズ系28M、レンズ28N、ミラーM4、及びメインコンデンサレンズ28O等を備えている。

【0032】そして、図2に示すように、前記第2フライアイレンズ系28Faの射出面の近傍に、絞り機構28Gが配置されている。この絞り機構28Gには、後述するようにパルス紫外光の光路内に所定の開口形状を有する開口絞り板を出退可能に配置する開口絞り機構28G1と、パルス紫外光の光路における開口径をほぼ連続的に変更する虹彩絞り機構28G2とが装備されている。そして、これらの開口絞り機構28G1と虹彩絞り機構28G2とが、パルス紫外光の光軸方向に沿って所定の間隔を置いて配置されている。

【0033】この開口絞り機構28G1と虹彩絞り機構28G2とは、不図示の照明制御装置にて制御される絞り切換用モータ32により、パルス紫外光の光軸方向に沿って移動されて、前記レチクルRのパターンに関するフーリエ変換面、つまり照明光学系IOPの瞳面に対し

て選択的に切換配置されるようになっている。すなわち、本実施形態では絞り切換用モータ32によって、開口絞り機構28G1と虹彩絞り機構28G2とのいずれか一方を、照明光学系IOPの瞳面（絞り位置）に対して選択的に切換配置するための切換機構が構成されている。

【0034】前記絞り機構28Gの後方のパルス紫外光の光路上に、透過率が大きく反射率が小さなビームスプリッタ28Hが配置され、更にこの後方の光路上に、第1リレーレンズ系28I、可動レチクルブラインド28J（図2では図示せず、図1参照）が順次配置されている。

【0035】可動レチクルブラインド28Jは、可動部としての例えは2枚のL字型の可動ブレードと、この可動ブレードを駆動するアクチュエータとを有する。2枚の可動ブレードは、レチクルRの走査方向に対応する方向及び走査方向に直交する非走査方向に対応する方向の位置が可変となっている。この可動レチクルブラインド28Jは、不要な部分の露光を防止するため、走査露光の開始時及び終了時に可動ブレードにより後述するように固定レチクルブラインド28Kによって規定されるレチクルR上の照明領域を更に制限するために用いられる。

【0036】さらに、ビームスプリッタ28Hの光源12側からの反射光路上には、光電変換素子となるインテグレータセンサ34が配置され、ビームスプリッタ28HのレチクルR側からの反射光路上には、インテグレータセンサ34と同様の光電変換素子から成る反射光モニタ38が配置されている。このビームスプリッタ28Hは、露光光のうち、大部分を透過（約97%）し、残りを反射する特性を有する。

【0037】前記固定レチクルブラインド28Kは、第2照明系ハウジング26Bの入射端近傍のレチクルRのパターン面に対する共役面から僅かにデフォーカスした面に配置され、レチクルR上の照明領域を規定する所定形状の開口部が形成されている。第2照明系ハウジング26B内に収納された、各リレーレンズ系28M、レンズ28L、ミラーM4の少なくとも1つが、非露光動作中に、その光軸が他のレンズ又はミラーの光軸に対して可動に構成されている。

【0038】以上の構成において、第1フライアイレンズ系の入射面、第2フライアイレンズ系28Faの入射面、可動レチクルブラインド28Jのブレードの配置面、レチクルRのパターン面は、光学的に互いに共役に設定され、第1フライアイレンズ系28Cの射出面側に形成される光源面、第2フライアイレンズ系28Faの射出面側に形成される光源面、投影光学系PLのフリエ変換面（射出瞳面）は光学的に互いに共役に設定され、ケーラー照明系となっている。

【0039】このように構成された照明光学系IOPに

より、レチクルステージR ST上に保持されたレチクルR上の所定の照明領域（X軸方向に直線的に伸びたスリット状又は矩形状の照明領域）を均一な照度分布で照明する。ここで、レチクルRに照射される矩形スリット状の照明光は、図1中の投影光学系PLの円形投影視野の中央にX軸方向（非走査方向）に細長く延びるように設定され、その照明光のY軸方向（走査方向）の幅はほぼ一定に設定されている。

【0040】なお、ビームスプリッタ28Hで反射されたパルス紫外光は、インテグレータセンサ34に入射し、このインテグレータセンサ34の出力と、ウエハWの表面上でのパルス紫外光の照度（露光量）との相関関数が求められる。

【0041】また、レチクルRのパターン面からの反射光は、メインコンデンサレンズ28O、ミラーM4、レンズ28N、第2リレーレンズ系28M、ミラーM3、レンズ28L、固定レチクルブラインド28Kの開口部、可動レチクルブラインド28Jのブレードの開口部、及び第1リレーレンズ系28Iを順次経て、ビームスプリッタ28Hで反射され、反射光モニタ38に入射し、この反射光モニタ38の出力に基づいて、レチクルRの透過率測が求められる。

【0042】なお、照明光学系IOPを構成する各光学部材を保持する筐体や、これらの筐体間の接合構造等については、後に更に詳述する。図1に戻り、前記本体コラム14は、ベースプレートBP上に設けられた複数本（ここでは4本）の支持部材40A～40D（但し、紙面奥側の支柱40C、40Dは図示省略）及びこれらの支持部材40A～40Dの上部にそれぞれ固定された防振ユニット42A～42D（但し、図1においては紙面奥側の防振ユニット42C、42Dは図示省略）を介してほぼ水平に支持された鏡筒定盤44と、鏡筒定盤44上に設けられた第1及び第2の支持コラム48、52とを備えている。

【0043】前記防振ユニット42A～42Dは、支持部材40A～40Dの上部にそれぞれ直列（又は並列）に配置された内圧が調整可能なエアマウントとボイスコイルモータとを含んで構成されている。これらの防振ユニット42A～42Dによって、ベースプレートBP及び支持部材40A～40Dを介して、鏡筒定盤44に伝わる床面FDからの微振動がマイクロGレベルで絶縁されるようになっている。

【0044】前記鏡筒定盤44の中央部に平面鏡円形の開口が形成され、その内部に投影光学系PLがその光軸方向をZ軸方向として上方から挿入されている。投影光学系PLの鏡筒部の外周部には、その鏡筒部に一体化されたフランジFLGが設けられている。また、このフランジFLGは、投影光学系PLを鏡筒定盤44に対して点と面とV溝とを介して3点で支持するいわゆるキネマティック支持マウントを構成している。

【0045】ウエハベース定盤54は、ベースプレートBP上に載置される。また、第1の支持コラム48は、鏡筒定盤44の上面に投影光学系PLを取り囲んで植設された4本の脚58（紙面奥側の脚は図示省略）と、これら4本の脚58によってほぼ水平に支持されたレチクルベース定盤60とを備えている。同様に、第2の支持コラム52は、鏡筒定盤44の上面に、第1の支持コラム48を取り囲む状態で植設された4本の支柱62（紙面奥側の支柱は図示省略）と、これら4本の支柱62によってほぼ水平に支持された天板64とによって構成されている。この第2の支持コラム52の天板64によって、前述した第2部分照明光学系IOP2が支持されている。

【0046】そして、レチクルステージRST、ウエハステージWSTの移動時等において、本体コラム14に設けられた振動センサ群の計測値に基づいて求めた本体コラム14の6自由度方向の振動を除去するように、防振ユニット42A～42Dの速度制御を、例えばフィードバック制御あるいはフィードバック制御及びフィードフォワード制御によって行い、本体コラム14の振動を効果的に抑制するようになっている。

【0047】前記レチクルステージRSTは、本体コラム14を構成する第1の支持コラム48を構成するレチクルベース定盤60上に不図示の防振ユニットを介して配置されている。レチクルステージRSTは、例えば磁気浮上型の2次元リニアアクチュエータ等から成るレチクルステージ駆動系によって駆動され、レチクルRをレチクルベース定盤60上でY軸方向に大きなストロークで直線駆動するとともに、X軸方向と θ_z 方向（Z軸回りの回転方向）に関しても微小駆動が可能な構成となっている。

【0048】前記レチクルステージRSTの一部には、その位置や移動量を計測するための位置検出装置であるレチクルレーザ干渉計70からの測長ビームを反射する移動鏡72が取り付けられている。レチクルレーザ干渉計70は、レチクルベース定盤60に固定され、投影光学系PLの上端部側面に固定された固定鏡Mrを基準として、レチクルステージRSTのXY面内の位置（ θ_z 回転を含む）を例えば、0.5～1nm程度の分解能で検出するようになっている。

【0049】上記のレチクルレーザ干渉計70によって計測されるレチクルステージRST（即ちレチクルR）の位置情報（又は速度情報）に基づいて、位置情報（あるいは速度情報）が指令値（目標位置、目標速度）と一致するように、レチクルステージ駆動系を制御する。

【0050】前記投影光学系PLとしては、ここでは、石英や螢石を光学硝材とした屈折光学素子（レンズ素子）のみから成る1/4、1/5、又は1/6縮小倍率の屈折光学系、あるいは屈折光学素子（レンズ）と反射光学素子（ミラー）とを組み合わせた反射屈折光学系

（カタディオプトリック光学系）、あるいは、反射光学素子のみからなる反射光学系が使用されている。

【0051】一方、前記ウエハステージWSTは、ウエハベース定盤54上に配置され、例えば磁気浮上型の2次元リニアアクチュエータ等から成るウエハステージ駆動系によってXY面内で自在に駆動されるようになっている。そして、このウエハステージWSTの上面に、ウエハWがウエハホルダ76を介して真空吸着等により固定されている。

【0052】前記ウエハステージWSTのXY位置及び回転量（ヨーイング量、ローリング量、ピッキング量）は、投影光学系PLの鏡筒下端に固定された参照鏡Mwを基準として、ウエハステージWSTの一部に固定された移動鏡78の位置変化を計測するウエハレーザ干渉計80によって、所定の分解能、例えば0.5～1nm程度の分解能でリアルタイムに計測される。

【0053】次に、照明光学系IOPを構成する第1及び第2部分照明光学系IOP1、IOP2の各光学部材を保持する筐体及びその接合構造について、図2を参照して詳細に説明する。

【0054】図2には、第2部分照明光学系IOP2の全体及び第1部分照明光学系IOP1の一部が断面図にて示されている。この図2から明らかなように、照明光学系IOPは、少なくとも1つの光学部材（レンズ又はミラー等の光学素子、あるいはレチクルブラインドの絞り、ブレード等）と、その光学部材を保持する筐体とを有する光学素子群としての光学ユニットが複数集まって構成されている。

【0055】これを更に詳述すると、前記第1部分照明光学系IOP1は、可動部としての2枚のL字状可動ブレードBL及びこれを保持する筐体82Aを有する光学ユニット84A、第1リレーレンズ系28I及びこれを保持する筐体82Bを有する光学ユニット84B、ビームスプリッタ28H及びこれを保持する筐体82Cを有する光学ユニット84C、第2フライアイレンズ系28Faと、補助フィールドレンズ系28Fbと、開口絞り機構28G1と、虹彩絞り機構28G2と、これらを保持する筐体82Dとを有する光学ユニット84D、並びにその他多数の光学ユニットが順次接合されて構成されている。

【0056】なお、前記筐体82A、82B、82C、82Dの内表面には、例えばフッ素系の樹脂をコーティングしたり、プラズマ溶射により金属膜（セラミック膜やステンレス膜等）を形成したりして、ケミカルクリーニング処理が施されている。あるいは、これらの筐体82A～82Dそのものの素材として、ステンレスあるいはテフロン（登録商標）等のケミカルクリーンな素材を用いても良い。なお、以下に述べる全ての筐体についても、上記と同様にして形成されている。

【0057】前記光学ユニット84Aを構成する筐体8

2Aには、可動量の大きな前記可動ブレードBLが光学部材として保持されており、この可動ブレードBLは、筐体82Aの外部に配置されたアクチュエータ86によって駆動されるようになっている。この場合、2枚の可動ブレードBLとアクチュエータ86とによって、前述した可動レチクルブラインド28Jが構成されている。

【0058】ここで、アクチュエータ86としては、例えばエアベアリングによりガイド面に対して非接触で支持された可動子を有するリニアモータが用いられる。このようなアクチュエータを用いると、ロータリモータによりボールねじ機構を介して可動ブレードを駆動する場合に比べて、クリーン度、及びケミカルクリーン度ともに向上させることができる。すなわち、非接触駆動であるため、接触駆動のリニアガイド等に比べて発塵を低減でき、ボールねじ及びモータベアリングが不要であるため、これらからの脱ガスがなくなり、ケミカルクリーン度を向上させることができる。

【0059】また、前記筐体82Aの外部には、アクチュエータ86による可動ブレードBLの駆動量を検出するセンサ90が設けられている。走査露光時にセンサ90の出力に基づいてアクチュエータ86を制御することにより、可動ブレードBLをレチクルRと同期移動して、不要部分の露光を防止する。

【0060】前記第1リレーレンズ系28Iは、筐体82Bの外部に取り付けられたアクチュエータ92、及び図示しない移動機構によりXYシフト及びチルト方向の微少駆動が可能な第1レンズ94と非可動の第2レンズ96とを有している。この場合、可動ブレードBLの駆動により筐体82Aを介して筐体82Bに伝わった振動により、第1リレーレンズ系28Iの光学的な配置が所期の位置よりずれるおそれがあるが、アクチュエータ92により第1レンズ94をXYシフト及びチルト方向の微少駆動することにより、かかる位置ずれを調整することができる。

【0061】また、筐体82Bの外部には、アクチュエータ92による第1レンズ94の駆動量を検出するセンサ98が設けられている。このセンサ98の出力に基づいてアクチュエータ92を制御することにより、上記の補正を行う。

【0062】前記光学ユニット84Cを構成する筐体82C内には、ビームスプリッタ28Hがパルス紫外光の光路に対してほぼ45°で斜設されている。また、筐体82Cには、取付部材100、102を介してインテグレータセンサ34、反射光モニタ38が外側から装着され、それらの光センサの配線は、筐体82C外に配置され、それらの配線が筐体82C内のケミカルクリーン度を低下させないように配慮されている。すなわち、インテグレータセンサ34及び反射光モニタ38は、それらの受光面のみが筐体82C内に臨んだ状態となっている。

【0063】前記光学ユニット84Dを構成する筐体82Dには、第2フライアイレンズ系28Fa及び補助フィールドレンズ系28Fbが収容されている。また、この筐体82D内には、開口絞り機構28G1及び虹彩絞り機構28G2がパルス紫外光の光軸方向へ所定間隔をおいて収容配置されている。そして、この筐体82D内の光路を含む光路領域の外側の外側領域に設けられた絞り切換用モータ32により、これらの開口絞り機構28G1または虹彩絞り機構28G2が、照明光学系IOPの瞳面となる絞り位置に選択的に切換配置されるようになっている。なお、この開口絞り機構28G1及び虹彩絞り機構28G2の詳細については、後述する。

【0064】前記光学ユニット84Aの筐体82Aと光学ユニット84Bの筐体82Bとの間は、その内部を外気に対して気密状態にすることが可能な接続部としての伸縮自在の蛇腹状部材104Aを介して、両者間の振動の伝達が制限された状態で着脱可能に接続されている。この筐体82A、82B間と同様に、光学ユニット84Bの筐体82Bと光学ユニット84Cの筐体82Cとの間、及び光学ユニット84Cの筐体82Cと光学ユニット84Dの筐体82Dとの間も、伸縮自在の蛇腹状部材104B、104Cを介して着脱可能に接続されている。

【0065】これらの蛇腹状部材104A、104B、104Cとしては、例えば約240°Cの温度で24時間程度の2次加硫が施されたフッ素ゴム製のものが用いられている。なお、この蛇腹状部材104A、104B、104Cとしては、少なくともその内面にケミカルクリーン処理、例えばフッ素系の樹脂をコーティングしたもの用いても良い。また、蛇腹状部材の材質として、ステンレスなどの金属を用いても良い。

【0066】前記のように構成された第1部分照明光学系IOP1における各光学ユニット84A～84Dの筐体82A～82D、特に蛇腹状部材104A～104Cで接続された筐体82A～82Dは、蛇腹状部材104A～104Cの支持のみでは、各筐体82A～82Dの位置が安定しないために、外部から保持する必要性がある。

【0067】そこで、図2に示すように、各筐体82A～82Dの外周部にはフランジ106A、106B、106C、106Dが設けられている。これらのフランジ106A～106Dは筐体82A～82Dと一体化されており、筐体82A～82D及びフランジ106A～106Dの材質としては、低熱膨張の材質、例えばインバーが用いられる。これら各筐体82A～82Dは、内側面に複数対の支持棚110A、110B、110C、110Dが形成された箱形の照明系収容部材108内に収容される。すなわち、前記各光学ユニット84A～84Dにおける筐体82A～82Dのフランジ106A～106Dが、これらの支持棚110A～110D上に載置

されて、図示しない固定ねじ等により所定位置に位置決め固定されている。

【0068】なお、前記各筐体82A～82Dのフランジ106A～106Dと、照明系収容部材108の支持棚110A～110Dとの接触部分に、各筐体82A～82Dを精度良く保持するために、セラミックや、ステンレス等の金属材料を溶射することが望ましい。

【0069】そして、前記蛇腹状部材104A～104Cで接続された光学ユニット84A～84Dの筐体82A～82Dにより、第1部分照明光学系IOP1の第1照明系ハウジング26A(図3参照)が構成され、その内部にはエネルギービームとしてのパルス紫外光を通過させるとともに、各光学ユニット84A～84Dの光学部材を収容するための光路領域としての光路室112が区画形成されている。また、照明系収容部材108内において光路室112の外側には、各光学ユニット84A～84Dにおけるアクチュエータやモータ等の駆動機構を収容するための外側領域としての収容室114が区画形成されている。

【0070】前記光路室112内には、低吸収性ガス(例えば空気(酸素)の含有濃度が1ppm未満のクリーンな乾燥窒素ガスあるいはヘリウムガス)等の気体が供給されて、光路室112内のケミカルクリーン度が向上されるようになっている。また、収容室114内には、ドライエア等の気体が供給され、収容室114内のクリーン度が向上されるようになっている。

【0071】なお、前記第1部分照明光学系IOP1を構成する残りの光学部材、すなわち振動ミラー、第1フライアイレンズ系及びビーム整形光学系、可変減光器も、それぞれ前述と同様にケミカルクリーン処理が施された筐体に保持されて、光学ユニットを構成している。そして、各光学ユニットの筐体が前記と同様の蛇腹状部材を介して、両者間の振動の伝達が制限された状態で接続されている。

【0072】次に、前記第2部分照明光学系IOP2の詳細構成について説明する。図2に示すように、第2部分照明光学系IOP2は、メインコンデンサレンズ28OとミラーM4とレンズ28N、及びこれらを保持する筐体82Eを有する光学ユニット84Eと、第2リレーレンズ系28M及びこれを保持する筐体82Fを有する光学ユニット84Fと、ミラーM3とレンズ28L及びこれらを保持する筐体82Gを有する光学ユニット84Gと、固定レチクルブラインド28K及びこれを保持する筐体82Hを有する光学ユニット84Hとが、順次接合されて構成されている。

【0073】前記光学ユニット84Eの筐体82Eと光学ユニット84Fの筐体82Fとの間は、ダクト状の連結部材116Aにより気密を保持した状態で配列方向に沿って連結されている。同様に、光学ユニット84Fの筐体82Fと光学ユニット84Gの筐体82Gとの間

も、連結部材116Bにより気密を保持した状態で配列方向に沿って連結されている。また、光学ユニット84Gの筐体82Gと光学ユニット84Hの筐体82Hとの間は、ケミカルクリーンな素材により形成されたOリング118を介して接合固定されている。

【0074】このように、筐体82E～82Hが順次接合されることによって、第2部分照明光学系IOP2の第2照明系ハウジング26Bが構成されている。また、この第2照明系ハウジング26Bの両端(出射端、入射端)に位置する筐体82E、82Gには、メインコンデンサレンズ28O及びレンズ28Lに対する外気の接触を遮断するためのカバーガラス120A、120Bがそれぞれ取り付けられている。

【0075】そして、前記第1部分照明光学系IOP1の第1照明系ハウジング26Aと同様に、この第2部分照明光学系IOP2の第2照明系ハウジング26B内の光路室中にも、低吸収性ガス(例えば空気(酸素)の含有濃度が1ppm未満のクリーンな乾燥窒素ガスあるいはヘリウムガス)等の気体が供給されて、光路室内のケミカルクリーン度が向上されるようになっている。

【0076】なお、前述した投影光学系PLの鏡筒内にも、低吸収性ガス(例えば空気(酸素)の含有濃度が1ppm未満のクリーンな乾燥窒素ガスあるいはヘリウムガス)等の気体がバージされている。

【0077】さらに、前記第2部分照明光学系IOP2における光学ユニット84Hの筐体82Hと、第1部分照明光学系IOP1における光学ユニット84Aの筐体82Aとの間は、その内部を外気に対して気密状態にすることが可能な接続部としての伸縮自在の蛇腹状部材104Dを介して、両者間の振動の伝達が制限された状態で接続されている。

【0078】次に、前記第1部分照明光学系IOP1における絞り機構28Gの構成を、図3～図5を参照して詳細に説明する。図3に示すように、前記筐体82Dは照明系収容部材108内に複数のガイド122を介して、パルス紫外光の光軸方向に沿って移動可能に支持されている。筐体82D内には開口絞り機構28G1の開口絞り基台124及び虹彩絞り機構28G2の虹彩絞り基台126が、所定間隔を置いて配置される。この開口絞り基台124と虹彩絞り基台126とは、互いに連結部材127で一体的に連結されている。例えば、各基台124、126の四隅にそれぞれ配設された連結部材127によって連結されている。そして、この開口絞り基台124及び虹彩絞り基台126は、絞り切換用モータ32によって、パルス紫外光の光軸方向へ移動可能に、照明系収容部材108内に収容される。なお、基台124、126は、光軸と交差する方向への移動は制限され、光軸方向への移動が許容される。そのため、基台124、126には、パルス紫外光を透過させるために、光路より大きな開口部124a、126aが形成さ

れている。

【0079】前記絞り切換用モータ32は筐体82Dの外面に取り付けられ、その駆動軸32aが筐体82D内に突出されて開口絞り基台124に当接されている。そして、この絞り切換用モータ32の駆動軸32aが照明制御装置30の制御にて上下方向に駆動されることにより、開口絞り基台124及び虹彩絞り基台126が一体的にパルス紫外光の光軸方向へ移動されて、開口絞り機構28G1または虹彩絞り機構28G2が照明光学系IOPの瞳面上の絞り位置に選択的に切換配置されるようになっている。すなわち、絞り切換用モータ32により、開口絞り基台124及び虹彩絞り基台126を移動させるための基台駆動機構が構成されている。なお、図3では虹彩絞り機構28G2が照明光学系IOPの瞳面上の絞り位置に配置された状態が示されている。

【0080】この絞り切換用モータ32は、支持棚110Dに形成された開口部110Da内に配置される。この開口部110Daの開口の大きさは、絞り切換用モータ32の径より大きく形成されており、後述する筐体移動用モータ158の駆動により、筐体82Dが光軸方向に移動した際に、支持棚110Dと絞り切換用モータ32との干渉を避けることができる。

【0081】図3に示すように、前記開口絞り基台124上には、ほぼ円板状の開口絞り板128が回転軸130及び軸受部132を介して回転可能に支持されている。図4に示すように、この開口絞り板128の周側の一部にはパルス紫外光の光路より大きな開口部としての切欠部134が形成されている。すなわち、開口絞り板128は、切欠部134の形成によって一部切欠円板状をなしている。なお、切欠部134の代わりに、パルス紫外光の光路を遮らない程度の大きさを有する開口部を形成してもよい。開口絞り板128には、開口形状の異なる複数（ここでは、5つ）の開口絞り136A、136B、136C、136D、136Eが円周方向にはほぼ等間隔で配列されている。これらの開口絞り136A～136Eとしては、例えば小さな円形開口より成りコヒーレンスファクタである σ 値を小さくするための開口絞り、輪帯照明用の輪帯状の開口絞り、変形光源法用に例えば4つの開口を偏心させて配置してなる変形照明用開口絞り等が設けられている。

【0082】図3に示すように、前記筐体82Dの外面には絞り駆動機構としての開口絞り用モータ138が取り付けられ、そのモータ軸が開口絞り板128の回転軸130に直結されている。そして、この開口絞り用モータ138が照明制御装置30の制御にて回転されることにより、開口絞り板128が任意の円周方向位置に回転されて、いずれかの開口絞り136A～136Eまたは切欠部134がパルス紫外光の光路上、すなわち第2フレイアイレンズ系28Faの射出面に配置されるようになっている。また、前記虹彩絞り機構28G2が照明光

学系IOPの瞳面上の絞り位置に配置されたときには、切欠部134がパルス紫外光の光路上に配置されるようになっている。

【0083】図4に示すように、前記開口絞り基台124上には複数（ここでは、6つ）のローラベアリング等による絞り板支持部材140が円周方向に任意の間隔をおいた状態で、取付部材141を介して回転可能に配置されている。そして、開口絞り板128が回転される際に、これらの絞り板支持部材140が開口絞り板128の下面に転動可能に当接して、開口絞り板128の支持及び回転案内が行われるようになっている。また、開口絞り板128の回転に伴い、切欠部134が任意（いずれ）の円周方向位置に配置されたときにも、少なくとも3つの絞り板支持部材140で開口絞り板128が支持されるようになっている。

【0084】次に虹彩絞り機構28G2を図3及び図5を参照して説明する。図3及び図5に示すように、前記虹彩絞り機構28G2における虹彩絞り基台126の開口部126aの開口周縁には、複数の羽根142が開閉回転可能に配設されている。複数の羽根142のそれぞれには、ピン142aの一端が固定されている。このピン142aの他端は、円環状の回転ブーリ144に固定されている。円環状の回転ブーリ144の外周には上下一対の環状溝144a、144bが形成されている。また、回転ブーリ144の穴の大きさはパルス紫外光の光路を遮らない程度の大きさである。

【0085】前記虹彩絞り基台126の端部上面には駆動ブーリ146が軸受部148を介して回転可能に支持され、その外周には上下一対の環状溝146a、146bが形成されている。駆動ブーリ146と回転ブーリ144との間において、上方の環状溝146a、144a間及び下方の環状溝146b、144b間には連結ワイヤ150A、150Bがそれぞれ張設されている。筐体82Dの外面には絞り駆動機構としての虹彩絞り用モータ152が取り付けられ、そのモータ軸が駆動ブーリ146に連結されている。

【0086】そして、この虹彩絞り用モータ152が照明制御装置30の制御にて回転されることにより、駆動ブーリ146、連結ワイヤ150A、150B及び回転ブーリ144を介して、羽根142が開閉され、パルス紫外光の光路上の開口径が連続的に変更される。すなわち、駆動ブーリ146、連結ワイヤ150A、150B及び回転ブーリ144により、虹彩絞り用モータ152の駆動力を絞り部としての羽根142に伝達するための伝達部が構成されている。

【0087】図3に示すように、前記開口絞り機構28G1における開口絞り板128の回転軸130と軸受部132との間には、Oリング154A、154B及び蛇腹状部材156Aにより気密状態に保持されている。また、虹彩絞り機構28G2における駆動ブーリ146と

その軸受部148との間も、Oリング154C及び蛇腹状部材156Bにより気密状態に保持されている。これらの蛇腹状部材156A, 156Bは、前記絞り切換用モータ32により開口絞り基台124及び虹彩絞り基台126が光軸方向に移動する際に、その移動に伴って変形するようになっている。また、これらの蛇腹状部材156A, 156Bは、前記蛇腹状部材104A～104Cと同様にケミカルクリーン処理が施されており、かつ、前記各基台124, 126や筐体82Dの移動を妨げない伸縮率をもっている。これによって、筐体82D内のケミカルクリーン度の低下が抑制されるようになっている。

【0088】次に、前記筐体82D内に収容された照明均一化機構の一部を構成する第2フライアイレンズ系28Faを、パルス紫外光の光軸方向に沿って移動調整するための構成について説明する。図3に示すように、照明系収容部材108内には筐体駆動機構としての筐体移動用モータ158が配設され、その駆動軸158aが支持棚110Dを貫通して筐体82Dに当接されている。そして、この筐体移動用モータ158の駆動軸158aが照明制御装置30の制御にて上下方向に駆動されることにより、筐体82Dがパルス紫外光の光軸方向へ移動されて、第2フライアイレンズ系28Faの位置が調整される。これにより、レチクルRに照明されるパルス紫外光の照度分布が均一化され、例えばパルス紫外光の広がりが修正されるようになっている。

【0089】前記筐体82D内のパルス紫外光の光路を挟んで筐体移動用モータ158と反対側に位置するように、照明系収容部材108内には付勢機構としてのエアシリング160が配設され、そのピストンロッド160aが支持棚110Dを貫通して筐体82Dに当接されている。そして、前記筐体移動用モータ158により筐体82Dがパルス紫外光の光軸方向へ移動されるとき、このエアシリング160のピストンロッド160aが照明制御装置30の制御にてシリング駆動機構162を介して上方に駆動され、筐体82D全体がその重量に抗して持ち上げられるようになっている。

【0090】次に、上述のようにして構成された露光装置10における露光動作について説明する。前提として、ウエハW上のショット領域を適正露光量（目標露光量）で走査露光するための各種の露光条件が予め設定される。また、図示しないレチクル顕微鏡及び図示しないオフアクシス・アライメントセンサ等を用いたレチクルアライメント、ベースライン計測等の準備作業が行われ、その後、アライメントセンサを用いたウエハWのファインアライメント（EGA（エンハンスト・グローバル・アライメント）等）が終了し、ウエハW上の複数のショット領域の配列座標が求められる。

【0091】さらに、照明制御装置30にて、照明光学系IOPにおいて、開口絞り機構28G1と虹彩絞り機

構28G2のいずれの絞り機構が用いられるかが選択される。この選択結果に基づいて、絞り切換用モータ32により、開口絞り機構28G1及び虹彩絞り機構28G2がパルス紫外光の光軸方向に移動されて、いずれか一方の絞り機構28G1, 28G2が照明光学系IOPの瞳面上の絞り位置に切換配置される。

【0092】すなわち、虹彩絞り機構28G2が選択された場合には、絞り切換用モータ32の駆動軸32aがその絞り切換用モータ32側に移動（駆動軸32aの突出量が少なくなる）される。これにより、絞り機構28G全体が自身の自重により、図示しないガイドに沿って、パルス紫外光の光軸方向における最下方位置に配置される。ここで、虹彩絞り機構28G2の虹彩絞り基台126と開口絞り機構28G1の開口絞り基台124とは、複数の連結部材127を介して所定間隔をおいて一体的に配置されている。このため、前記虹彩絞り基台126もパルス紫外光の光軸方向における最下方位置に配置され、図3に示すように、虹彩絞り機構28G2の羽根142が照明光学系IOPの瞳面上の絞り位置に配置される。

【0093】この状態で、前記開口絞り機構28G1の開口絞り板128が、開口絞り用モータ138の駆動により、その開口絞り板128がパルス紫外光を遮らないように、切欠部134がパルス紫外光の光路中に回転配置される。そして、前記虹彩絞り機構28G2の羽根142は、虹彩絞り用モータ152の駆動により所望の開口径が確保されるように開閉される。

【0094】一方、開口絞り機構28G1が選択された場合には、絞り切換用モータ32の駆動軸32aが絞り機構28G側に移動され、駆動軸32aが開口絞り基台124を押し上げる。これにより、絞り機構28G全体が、図示しないガイドに沿って押し上げられ、パルス紫外光の光軸方向における最上方位置に配置される。この絞り機構28G全体の移動に伴って、開口絞り基台124もパルス紫外光の光軸方向における最上方位置に配置され、開口絞り機構28G1の開口絞り板128が照明光学系IOPの瞳面上の絞り位置に配置される。

【0095】この状態で、前記虹彩絞り機構28G2の羽根142は、虹彩絞り用モータ152の駆動によりパルス紫外光を遮らないように最大の開口径が確保されるように配置される。そして、開口絞り板128が開口絞り用モータ138の駆動により回転され、所望の開口形状を有する開口絞り136A～136Eがパルス紫外光の光路内に配置される。

【0096】このようにして、ウエハWの露光のための準備動作が終了すると、アライメント結果に基づいてウエハレーザ干渉計80の計測値をモニタしつつ、ウエハWの第1ショットの露光のための走査開始位置にウエハステージWSTを移動する。

【0097】そして、レチクルステージRSTとウエハ

ステージWSTとのY方向の走査を開始し、両ステージRST, WSTがそれぞれの目標走査速度に達すると、パルス紫外光によってレチクルRのパターン領域が照明され始め、走査露光が開始される。

【0098】この走査露光の開始に先立って、光源12の発光は開始されているが、レチクルブラインド装置を構成する可動レチクルブラインド28Jの各可動ブレードBLの移動がレチクルステージRSTの移動と同期制御されているため、レチクルR上のパターン領域外へのパルス紫外光の照射が遮光されることは、通常のスキャニング・ステッパーと同様である。

【0099】特に上記の走査露光時にレチクルステージRSTのY軸方向の移動速度VrとウエハステージWSTのY軸方向の移動速度Vwとが、投影光学系PLの投影倍率（1/4倍、1/5倍あるいは1/6倍）に応じた速度比に維持されるように、レチクルステージRST及びウエハステージWSTを同期制御する。

【0100】そして、レチクルRのパターン領域の異なる領域がパルス紫外光で逐次照明され、パターン領域全面に対する照明が完了することにより、ウエハW上の第1ショットの走査露光が終了する。これにより、レチクルRのパターンが投影光学系PLを介して第1ショットに縮小転写される。

【0101】次に、第2ショットに対して、上記と同様の走査露光を行う。このようにして、ウエハW上のショットの走査露光と次ショット露光のためのステッピング動作とが繰り返し行われ、ウエハW上の露光対象ショットの全てにレチクルRのパターンが順次転写される。

【0102】従って、本実施形態によれば、以下のようない効果を得ることができる。

(1) この露光装置10では、光源12から出射されたパルス紫外光により所定のパターンが形成されたレチクルRを照明する照明光学系IOPが設けられている。照明光学系IOPには、レチクルRに照射されるパルス紫外光の照明形状を変更する開口絞り機構28G1及び虹彩絞り機構28G2と、各絞り機構28G1, 28G2をパルス紫外光の光軸方向に移動させて、照明光学系IOPの瞳面に切換配置する切換機構32とが設けられている。

【0103】このため、必要に応じて各絞り機構28G1, 28G2を、切換機構32によりパルス紫外光の光軸方向に沿って照明光学系IOPの瞳面に対して選択的に切換配置して、容易に使い分けすることができる。また、開口絞り機構28G1と虹彩絞り機構28G2とが1つの回転円板上等に装設されることなく、互いに独立構成された状態でパルス紫外光の光軸方向に沿って切換移動されるようになっている。このため、絞り機構28Gの構成が簡単であるとともに、各絞り機構28G1, 28G2を照明光学系IOPの瞳面に対する所定位置に容易かつ正確に切換配置することができる。

【0104】(2) この露光装置10では、前記絞り機構28Gが、パルス紫外光の光路における開口径をほぼ連続的に変更する虹彩絞り機構28G2と、光路内に所定の開口形状を有する開口絞り板128を出退可能に配置する開口絞り機構28G1とから構成されている。そして、これらの虹彩絞り機構28G2と開口絞り機構28G1とが、所定の間隔をおいて配置されている。このため、虹彩絞り機構28G2と開口絞り機構28G1とを、照明光学系IOPの瞳面に対して選択的に切換配置して容易に使い分けすることができる。

【0105】(3) この露光装置10では、前記虹彩絞り機構28G2を保持する虹彩絞り基台126と、開口絞り機構28G1を保持する開口絞り基台124とが、一体的に結合した状態で配置されている。そして、虹彩絞り基台126と開口絞り基台124が基台駆動機構32により、パルス紫外光の光軸方向に移動されるようになっている。このため、虹彩絞り機構28G2と開口絞り機構28G1とを、基台駆動機構32によりパルス紫外光の光軸方向に移動させて、照明光学系IOPの瞳面に対して容易に切換配置することができる。

【0106】(4) この露光装置10では、前記開口絞り板128がパルス紫外光の光路よりも大きな切欠部134を有する平板からなり、虹彩絞り機構28G2が照明光学系IOPの瞳面に配置されたときに、この開口絞り板128の切欠部134がパルス紫外光の光路に配置されるようになっている。このため、虹彩絞り機構28G2が照明光学系IOPの瞳面に配置されたときであっても、開口絞り板128がパルス紫外光の進路を遮ることがない。

【0107】(5) この露光装置10では、前記開口絞り板128が異なる開口径からなる複数の絞り136A～136Eと切欠部134とを円周方向に配列した一部切欠円板状をなしている。このため、開口絞り板128のパルス紫外光の光路に対する進退を容易に行うことができる。しかも、虹彩絞り機構28G2の羽根142がパルス紫外光の光路内に配置されたときは、切欠部134を光路に対して配置できるので、開口絞り板128がパルス照明光の進路を遮ることがない。

【0108】(6) この露光装置10では、前記虹彩絞り機構28G2及び開口絞り機構28G1を収容する筐体82D内に、パルス紫外光の通過する光路を含む光路領域が、その外側領域とは気密に区画して形成されている。そして、虹彩絞り機構28G2及び開口絞り機構28G1を駆動する絞り駆動機構152, 138と、これらの絞り駆動機構152, 138の駆動力を各絞り機構28G2, 28G1に伝達する伝達部とが、外側領域に配置されている。このため、絞り駆動機構152, 138や駆動力の伝達部で発生する油等の不純物質が、光路内に進入するのを抑制することができて、光路内のクリーン度を向上させることができる。

【0109】(7) この露光装置10では、前記筐体82Dに、レチクルR上におけるパルス紫外光の照度分布を均一化するための照度均一化機構の一部を構成する第2フライアイレンズ系28Faが装着されている。そして、筐体82D自体が筐体駆動機構158により、パルス紫外光の光軸方向に沿って移動されるようになっている。このため、第2フライアイレンズ系28Faを装着した筐体82Dを、パルス紫外光の光軸方向に沿って移動調整することにより、パルス紫外光の照度分布を容易に均一化させることができる。

【0110】(8) この露光装置10では、前記筐体82Dに、筐体82D全体をその重量に抗してパルス紫外光の光軸方向に沿って付勢する付勢機構160が設けられている。このため、筐体82Dが付勢機構160によりパルス紫外光の光軸方向に沿って対重力方向に付勢された状態で、その筐体82Dを筐体駆動機構158により偏りが生じることなく、光軸方向に沿って容易かつ安定に移動させることができる。

【0111】(9) この露光装置10では、開口絞り基台124上に開口絞り板128に対して転動可能に当接する絞り板支持部材140が設けられている。このため、切欠部134を有する開口絞り板128を絞り板支持部材140により、偏りが生じることなく安定に支持することができて、開口絞り板128の回転時の安定性を向上させることができる。

【0112】(10) この露光装置10では、開口絞り板128を支持する絞り板支持部材140が複数設かれている。そして、開口絞り板128の切欠部134が任意の円周方向位置に配置されたときにも、その開口絞り板128が少なくとも3つの絞り板支持部材140で支持されるようになっている。このため、一部切欠円板状の開口絞り板128がいずれの回転位置に配置された状態においても、その開口絞り板128を少なくとも3つの絞り板支持部材140により安定に支持することができて、開口絞り板128の回転時の安定性を一層向上させることができる。

【0113】(変更例) なお、本発明の実施形態は、以下のように変更してもよい。

- 前記実施形態において、開口絞り機構28G1を上部に配置するとともに虹彩絞り機構28G2を下部に配置した状態で、筐体82D内に収容してもよい。

【0114】前記実施形態においては、虹彩絞り機構28G2が照明光学系IOPの瞳面に配置されたときに、開口絞り板128を回転させてその切欠部134がパルス紫外光の光路に配置されるようになっている。これに対して、例えば開口絞り板128をスライド移動させてパルス紫外光の光路外に退避させるようにしてもよい。この場合、開口絞り板128は、必ずしも複数の絞り136A～136Eと切欠部134とを円周方向に配列した一部切欠円板状をなすように形成する必要はない。

く、例えば複数の絞り136A～136Eを一次元方向あるいは二次元方向に配列した平面多角形板状をなすように形成してもよい。

【0115】・ 前記実施形態において、絞り切換用モータ32の駆動軸32aを虹彩絞り機構28G2の虹彩絞り基台126に当接させて、その虹彩絞り機構28G2の虹彩絞り基台126及び開口絞り機構28G1の開口絞り基台124を一体的に、パルス紫外光の光軸方向へ移動させるように構成してもよい。

【0116】・ 前記実施形態において、複数の絞り板支持部材140を開口絞り板128側に回転可能に取り付けて、これらの絞り板支持部材140が開口絞り基台124に対して転動可能に当接することにより、開口絞り板128が支持されるように構成してもよい。

【0117】・ 前記実施形態において、筐体82Dを重量に抗してパルス紫外光の光軸方向に付勢する付勢機構として、バネ部材等の他の部材を設けてもよい。

- 前記実施形態において、複数の絞り機構として、開口絞り機構28G1及び虹彩絞り機構28G2に加えて、他の絞り機構を並設してもよい。

【0118】・ 前記実施形態において、複数の絞り機構として、開口絞り機構28G1及び虹彩絞り機構28G2に代えて、他の絞り機構を設けてもよい。以上のように変更して構成した場合でも、前述した実施形態における効果とほぼ同様の効果を得ることができる。

【0119】また、露光装置全体として、次のように変更して具体化することもできる。

- 前記実施形態では、光源として、ArFエキシマーレーザ光源、KrFエキシマーレーザ光源、あるいはF2レーザ光源を用いるものとしたが、本発明がこれに限定されるものではなく、例えば波長146nmのKr2レーザ光源、波長126nmのAr2レーザ光源等の真空紫外光源を用いてもよい。かかる場合には、より短波長のパルス紫外光による解像力の一層の向上、ひいては一層高精度な露光が可能となる。

【0120】・ 前記実施形態では、オプティカルインテグレータ(ホモジナイザ)としてフライアイレンズを用いるものとしたが、その代わりにロッド・インテグレータを用いるようにしてもよい。ロッド・インテグレータを用いる照明光学系では、ロッド・インテグレータはその射出面がレチクルRのパターン面とほぼ共役になるように配置されるので、例えばロッド・インテグレータの射出面に近接して前述の可動レチクルブラインド28Jの可動ブレードBLを配置する。従って、この照明光学系はロッド・インテグレータを境にして2分割され、前記実施形態と同様に、可動レチクルブラインドはロッド・インテグレータが配置される第1部分に設けられ、固定ブラインドは本体コラムに固定される第2部分に設けられる。なお、ロッド・インテグレータを用いる照明光学系は、例えば米国特許第5,675,401号に開

示されている。また、フライアイレンズとロッド・インテグレータとを組み合わせる、あるいは2つのロッド・インテグレータを直列に配置してダブルオプティカルインテグレータとしてもよい。

【0121】・ 例えば前記実施形態と同様に紫外光を用いる露光装置であっても、投影光学系として反射光学素子のみからなる反射系、又は反射光学素子と屈折光学素子とを有する反射屈折系（カタッディオプトロニック系）を採用してもよい。ここで、反射屈折型の投影光学系としては、例えば特開平8-171054号公報（及びこれに対応する米国特許第5,668,672号）、並びに特開平10-20195号公報（及びこれに対応する米国特許第5,835,275号）などに開示される、反射光学素子としてビームスプリッタと凹面鏡とを有する反射屈折系、又は特開平8-334695号公報（及びこれに対応する米国特許第5,689,377号）、並びに特開平10-3039号公報（及びこれに対応する米国特許出願第873,605号（出願日：1997年6月12日））などに開示される、反射光学素子としてビームスプリッタを用いずに凹面鏡などを有する反射屈折系を用いることができる。

【0122】この他、特開平10-104513号公報（及び米国特許第5,488,229号）に開示される、複数の屈折光学素子と2枚のミラー（凹面鏡である主鏡と、屈折素子又は平行平面板の入射面と反対側に反射面が形成される裏面鏡である副鏡）とを同一軸上に配置し、その複数の屈折光学素子によって形成されるレチクルパターンの中間像を、主鏡と副鏡とによってウエハ上に再結像させる反射屈折系を用いてもよい。この反射屈折系では、複数の屈折光学素子に統けて主鏡と副鏡とが配置され、照明光が主鏡の一部を通って副鏡、主鏡の順に反射され、さらに副鏡の一部を通ってウエハ上に達することになる。

【0123】また、反射屈折型の投影光学系としては、例えば円形イメージフィールドを有し、かつ物体面側、及び像面側が共にテレセントリックであるとともに、その投影倍率が1/4倍又は1/5倍となる縮小系を用いてもよい。また、この反射屈折型の投影光学系を備えた走査型露光装置の場合、照明光の照射領域が投影光学系の視野内でその光軸をほぼ中心とし、かつレチクル又はウエハの走査方向とほぼ直交する方向に沿つて延びる矩形スリット状に規定されるタイプであってもよい。かかる反射屈折型の投影光学系を備えた走査型露光装置によれば、例えば波長157nmのF2レーザ光を露光用照明光として用いても100nmL/Sパターン程度の微細パターンをウエハ上に高精度に転写することが可能である。

【0124】また、真空紫外光としてArFエキシマレーザ光やF2レーザ光などが用いられるが、DFB半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、

又は可視域の単一波長レーザ光を、例えばエルビウム（又はエルビウムとイットリビウムの両方）がドープされたファイバーアンプで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いてもよい。

【0125】例えば、単一波長レーザの発振波長を1.51～1.59μmの範囲内とすると、発生波長が189～199nmの範囲内である8倍高調波、又は発生波長が151～159nmの範囲内である10倍高調波が高出力される。特に発振波長を1.544～1.553μmの範囲内とすると、発生波長が193～194nmの範囲内の8倍高調波、即ちArFエキシマレーザ光とほぼ同一波長となる紫外光が得られ、発振波長を1.57～1.58μmの範囲内とすると、発生波長が157～158nmの範囲内の10倍高調波、即ちF2レーザ光とほぼ同一波長となる紫外光が得られる。

【0126】また、発振波長を1.03～1.12μmの範囲内とすると、発生波長が147～160nmの範囲内である7倍高調波が高出力され、特に発振波長を1.099～1.106μmの範囲内とすると、発生波長が157～158μmの範囲内の7倍高調波、即ちF2レーザ光とほぼ同一波長となる紫外光が得られる。この場合、単一波長発振レーザとしては例えばイットリビウム・ドープ・ファイバーレーザを用いることができる。

【0127】・ 半導体素子などのマイクロデバイスだけでなく、光露光装置、EUV露光装置、X線露光装置、及び電子線露光装置などで使用されるレチクル又はマスクを製造するために、ガラス基板又はシリコンウエハなどに回路パターンを転写する露光装置にも本発明を適用できる。ここで、DUV（遠紫外）光やVUV（真空紫外）光などを用いる露光装置では一般的に透過型レチクルが用いられ、レチクル基板としては石英ガラス、フッ素がドープされた石英ガラス、萤石、フッ化マグネシウム、又は水晶などが用いられる。また、プロキシミティ方式のX線露光装置、又は電子線露光装置などでは透過型マスク（ステンシルマスク、メンブレンマスク）が用いられ、マスク基板としてはシリコンウエハなどが用いられる。

【0128】・ 勿論、半導体素子の製造に用いられる露光装置だけでなく、液晶表示素子などを含むディスプレイの製造に用いられる、デバイスパターンをガラスプレート上に転写する露光装置、薄膜磁気ヘッドの製造に用いられる、デバイスパターンをセラミックウエハ上に転写する露光装置、及び撮像素子（CCDなど）の製造に用いられる露光装置などにも本発明を適用することができる。

【0129】・ 前記実施形態では、本発明が、スキャニング・ステッパーに適用された場合について説明したが、マスクと基板とを静止した状態でマスクのパターンを基板に転写するとともに、基板を順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装

置や、投影光学系を用いることなくマスクと基板とを密着させてマスクのパターンを基板に転写するプロキシミティ露光装置にも本発明は好適に適用できるものである。

【0130】・半導体デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、この設計ステップに基づいたレチクルを製作するステップ、シリコン材料からウエハを製作するステップ、前述した実施形態の露光装置によりレチクルのパターンをウエハに転写するステップ、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）、検査ステップ等を経て製造される。

【0131】

【発明の効果】以上詳述したように、本願請求項1に記載の発明によれば、構造が簡単であるとともに、必要に応じて複数の絞り機構を容易に使い分けすることができる。

【0132】また、本願請求項2及び請求項3に記載の発明によれば、前記請求項1に記載の発明の効果に加えて、虹彩絞り機構と開口絞り機構とを、マスク上のパターンに関するフーリエ変換面もしくはその近傍に対して選択的に切換配置して容易に使い分けすることができる。

【0133】また、本願請求項4に記載の発明によれば、前記請求項2または請求項3に記載の発明の効果に加えて、虹彩絞りが光路中に配置されたときであっても、開口絞り板がエネルギービームの進路を遮ることがない。

【0134】また、本願請求項5に記載の発明によれば、前記請求項4に記載の発明の効果に加えて、開口絞り板の光路に対する進退が容易に行うことができる。しかも、虹彩絞りが光路中に配置されたときに、開口絞り板がエネルギービームの進路を遮ることがない。

【0135】また、本願請求項6に記載の発明によれば、前記請求項1に記載の発明の効果に加えて、絞り駆動機構や駆動力の伝達部で発生する油等の不純物質が、光路内に進入するのを抑制することができて、光路内のクリーン度を向上させることができる。

【0136】また、本願請求項7に記載の発明によれ

ば、前記請求項6に記載の発明の効果に加えて、照度均一化機構の一部を装着した筐体を、エネルギービームの光軸方向に沿って移動調整することにより、エネルギービームの照度分布を容易に均一化させることができる。

【0137】また、本願請求項8に記載の発明によれば、前記請求項7に記載の発明の効果に加えて、筐体がエネルギービームの光軸方向に沿って対重力方向に付勢された状態で、その筐体を偏りが生じることなく光軸方向に沿って容易かつ安定に移動させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 一実施形態の露光装置の全体構成を概略的に示す側面図。

【図2】 図1の照明光学系における第2部分照明光学系の全体と、第1部分照明光学系の一部について、各光学ユニットの保持構成を示す断面図。

【図3】 図2の絞り機構の詳細構成を示す断面図。

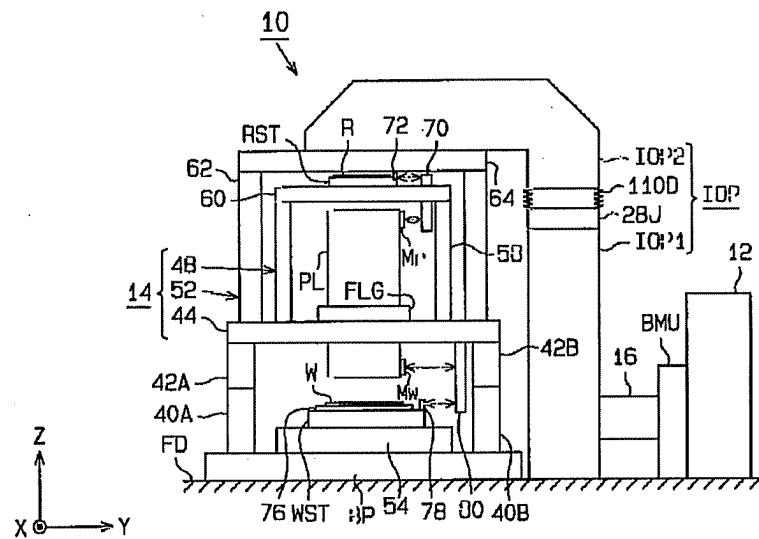
【図4】 図3の絞り機構における開口絞り機構の平面図。

【図5】 図3の絞り機構における虹彩絞り機構の平面図。

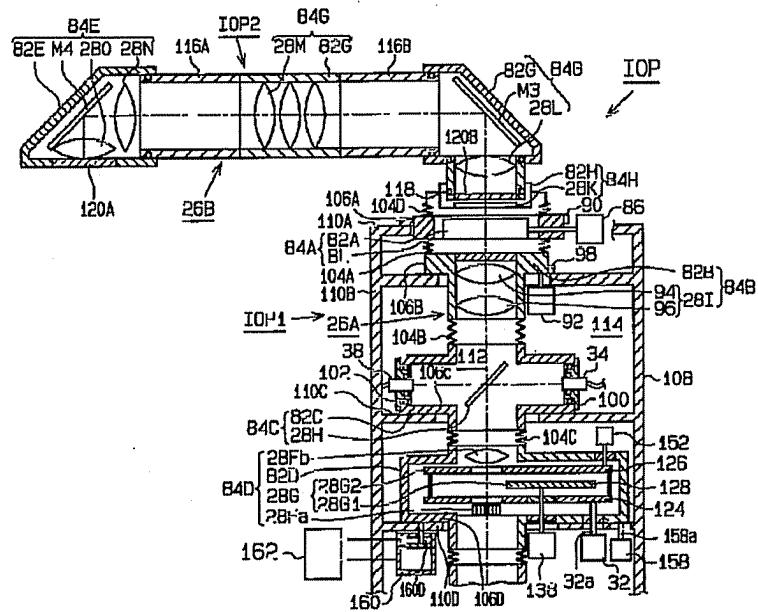
【符号の説明】

10…露光装置、12…エネルギービーム源としての光源、28Fa…照度分布均一化機構の一部を構成する第2フライアイレンズ系、28G…絞り機構、28G1…開口絞り機構、28G2…虹彩絞り機構、32…切換機構及び基台駆動機構を構成する絞り切換用モータ、82D…筐体、112…光路領域をなす光路室、114…外側領域をなす収容室、124…開口絞り基台、126…虹彩絞り基台、128…開口絞り板、134…開口部としての切欠部、136A～136E…絞りとしての開口絞り、138…絞り駆動機構としての開口絞り用モータ、144…伝達部を構成する回転プーリ、146…伝達部を構成する駆動プーリ、150A、150B…伝達部を構成する連結ワイヤ、152…絞り駆動機構としての虹彩絞り用モータ、158…筐体駆動機構としての筐体移動用モータ、160…付勢機構を構成するエアシリング、IOP…照明光学系、R…マスクとしてのレチクル。

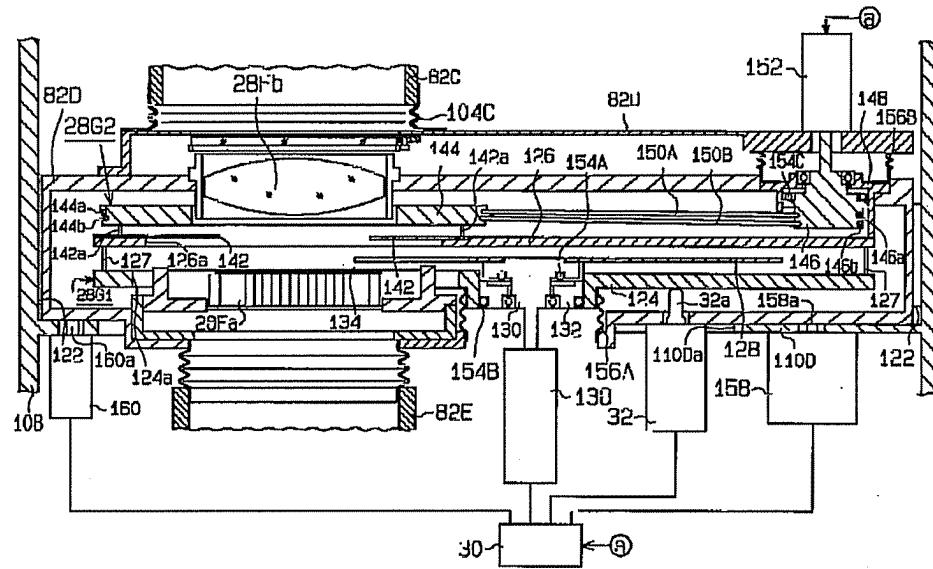
【図1】



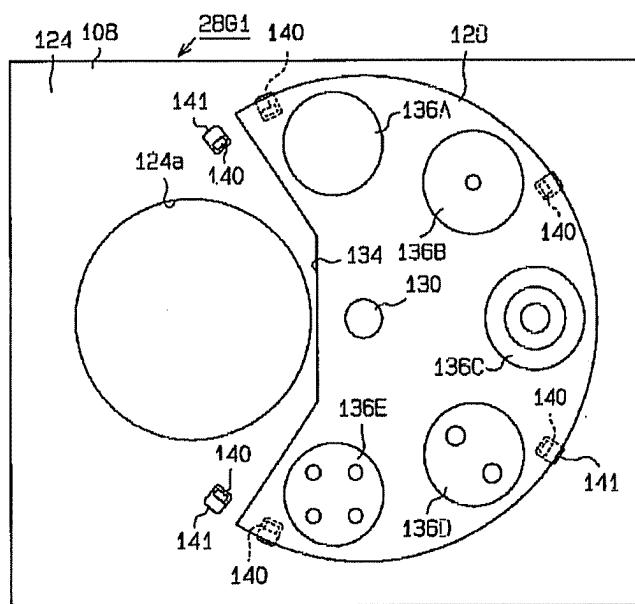
【图2】



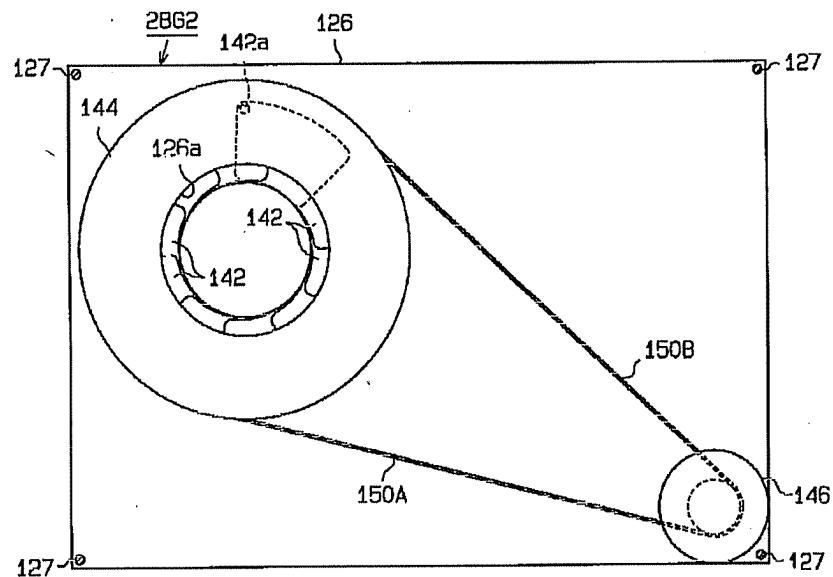
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

G 03 F 7/20
7/22

識別記号

521

F I

G 03 F 7/22
H 01 L 21/30

(参考)

H
515D